

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



TESIS

Prevalencia de *Borrelia burgdorferi* en garrapatas de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) de localidades del norte de la República Mexicana

POR

Q.B.P MARIANA CUESY LEÓN

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN MICROBIOLOGÍA

DICIEMBRE, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



Prevalencia de *Borrelia burgdorferi* en garrapatas de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) de localidades del norte de la República Mexicana

Por

Q.B.P MARIANA CUESY LEÓN

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN
MICROBIOLOGÍA**

DICIEMBRE, 2016

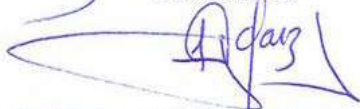
Prevalencia de *Borrelia burgdorferi* en garrapatas de venado cola blanca
(*Odocoileus virginianus*) y borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) de
localidades del norte de la República Mexicana

Comité de Tesis



DRA ZINNIA JUDITH MOLINA GARZA

Presidente



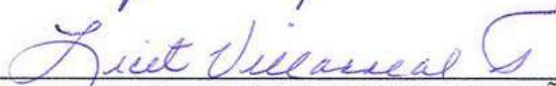
DR. LUCIO GALAVIZ SILVA

Secretario



DRA MARÍA PORFIRIA BARRÓN GONZÁLEZ

Vocal



DRA LICET VILLARREAL TREVIÑO

Vocal



DRA LAURA MARÍA TREJO ÁVILA

Vocal

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco al ETERNO por acompañarme y guiarme a lo largo este tiempo y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A le doy gracias a mi familia:

A mi Esposo Oscar Alberto Pérez, a mis padres Griselda León y Eduardo Cuesy, a mis hermanos Miriam, Ileana, Miguel Ángel y Daniela. A mis amigos porque también son familia.

Por su amor, cariño, apoyo y creer en mí siempre.

Agradezco a mi comité de tesis:

A la Dra. Zinnia J. Molina Garza y al Dr. Lucio Galaviz Silva por permitirme formar parte de su equipo de trabajo y por su gran apoyo para realizar esta tesis.

A la Dra. Maria Porfiria Barrón Gonzales, Dra. Licet Villareal Treviño y Dra. Laura Trejo Escobedo por su apoyo y amabilidad para formar parte de mi comité.

Gracias a todos por su tiempo y paciencia para realizar las correcciones de este trabajo y consejo durante el desarrollo del mismo.

También doy mi más sincero agradecimiento:

A todos y cada uno de mis compañeros de laboratorio pues fueron un gran ejemplo de trabajo en equipo, ayuda y aprendizaje para mí.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca proporcionada para el desarrollo de este trabajo.

A Susana Pérez Saucedo de la Organización de Vida Silvestre, al Ing. Isaías Galván Castro de la Universidad Ganadera Regional de N.L., a Taxidermia Internacional y Taxidermia Rodríguez. Por su apoyo en la colecta de muestras de las cuales dependía para realizar esta tesis.

Sin cada uno de ustedes: familia, maestros, amigos, compañeros, etc. no podría haber logrado este trabajo, el cual significa mucho para mi desarrollo personal y profesional

“La vida es una unión simbiótica y cooperativa que permite triunfar a los que se asocian.” Lynn Margulis

DEDICATORIAS

A mi esposo:

Por amor, cariño y apoyo en todos estos años juntos

A mis padres:

Porque han sido fundamentales en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su apoyo incondicional

A mis hermanos:

Por el cariño que siempre me han brindado

INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	6
INDICE DE TABLAS.....	7
LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
ANTECEDENTES	9
1- VECTOR	9
2. ENFERMEDAD DE LYME.....	18
3- RESERVORIOS	24
JUSTIFICACIÓN	27
HIPÓTESIS	27
OBJETIVOS.....	27
Objetivo general	27
Objetivo particulares.....	27
MATERIAL Y MÉTODOS	28
RESULTADOS.....	33
Identificación taxonómica del vector	33
Diagnostico molecular de B. burgdorferi.....	40
DISCUSIÓN	42
CONCLUSIONES.....	44
PERSPECTIVAS	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Clasificación taxonómica de las garrapatas.....	10
Fig. 2-Morfología de las garrapatas.....	11
Fig. 3-Diferentes Gnostomas de las garrapatas para identificación de las mismas	12
Fig. 4- Estructuras externas de las garrapatas.....	13
Fig. 5-Ciclo de vida de la garrapata de venado.....	15
Fig. 6- Taxonomía de <i>Borrelia burgdorferi</i> . (K arami 2012)	21
Fig. 7 -Estructura del flagelo de <i>B. burgdorferi</i> K arami (2012)	22
Fig. 8- Reservorios para poblaciones de garrapatas trasmisoras de patógenos	26
Fig. 9 Ubicación Geográfica de las zonas de muestreo	29
Fig. 10. Características taxonómicas de <i>Otobius megnini</i>	37
Fig. 11. Características morfológicas para la identificación taxonómica de las especies de <i>Dermacentor</i> sp.	38
Fig. 12. . Características morfológicas para la identificación taxonómica de <i>Boophilus microplus</i>	39
Fig. 13- Gel de electroforesis de agarosa 2% teñido con bromuro de etidio.....	40

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación clínica de la enfermedad de Lyme. (Portillo et al. 2014).	19
Tabla 2- Datos obtenidos de las localidades del norte de la Republica Mexicana	33
Tabla 3- Identificación de vectores de <i>O.virginianus</i> y <i>O. canadensis</i> en Ranchos de Sonora, México.	34
Tabla 4- Datos obtenidos en las localidades de Nuevo León, México	35
Tabla 5- Datos obtenidos de Tamaulipas, México	36
Tabla 6- Resumen de las especies de garrapatas muestreadas en este estudio	41

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Microgramos	mg
Mililitros	mL
Milímetros cúbicos	mmE
Latitud/Longitud	Lat/Lon
hectáreas	has
microlitros	μL
Revoluciones por minuto	rpm
Pares de bases	pb
Cloruro de magnesio	MgCl ₂
Desoxiribonucleótidos	dNTPs

RESUMEN

La borreliosis de Lyme, producida por *Borrelia burgdorferi* sensu lato (s.l.), es una enfermedad multisistémica con manifestaciones dermatológicas, reumáticas, neurológicas y cardíacas. Nuevo León y el norte del país cuentan con las condiciones propicias para el desarrollo de esta enfermedad debido a que se han identificado vectores, huéspedes intermediarios y un medio ambiente favorable, por lo que este trabajo pretende determinar la distribución de especies de garrapatas en hospederos intermediarios como lo son en el venado cola blanca *Odocoileus virginianus couesi* y borrego cimarrón *Ovis canadensis*, así como también la identificación de *Borrelia burgdorferi* mediante amplificación del gen *OspA* a través de la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) así como determinar la prevalencia de la misma en las garrapatas del venado cola blanca y borrego cimarrón. En este estudio se muestrearon localidades de los estados de Sonora, Nuevo León y Tamaulipas, además de 2 Taxidermias del Área Metropolitana de Nuevo León. Se inspeccionaron un total de 116 hospederos: 113 venados de los cuales 23/113 (20.35%) estaban infestados, y 3/3 (100%) borregos cimarrón estaban infestados. Se colectaron un total de 215 garrapatas pertenecientes a 4 especies distintas, las cuales fueron negativas para presencia de la espiroqueta causante de Lyme. Tres de las especies de garrapatas están asociadas a ganado: *Otobius megnini*, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, *Dermacentor (Anocentor) nitens* mientras que *Dermacentor hunteri* es la garrapata más común del borrego cimarrón. Todas estas especies tienen una importancia económica y veterinaria, e inclusive médica pues transmiten patógenos como: *Anaplasma* spp, *Babesia* spp y *Rickettsia* spp.

ABSTRACT

Lyme borreliosis, produced by *Borrelia burgdorferi sensu lato* (s.l.), is a multisystemic disease with dermatological, rheumatic, neurological and cardiac manifestations. Nuevo Leon and the north of the country have the propitious conditions for the development of this disease because vectors, intermediate hosts and a favorable environment have been identified, so this work aims to determine the distribution of tick species in intermediate hosts as are the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus couesi*) and bighorn sheep (*Ovis canadensis*), as well as identification of *Borrelia burgdorferi* by amplification of the *OspA* gene through the polymerase chain reaction (PCR) technique as well as determining the prevalence of this disease in white tail deer and bighorn sheep ticks. In this study we sampled localities of the states of Sonora, Nuevo Leon and Tamaulipas, as well as 2 Taxidermies of the Metropolitan area of Nuevo León. A total of 116 hosts were inspected: 113 deer of which 23/113 (20.35%) were infested, and 3/3 (100%) bighorn sheep were infested. A total of 215 ticks belonging to 4 different species were collected, which were negative for Lyme spirochete. Three of the tick species are associated with cattle: *Otobius megnini*, *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*, *Dermacentor* (*Anocentor*) *nitens* while *Dermacentor hunteri* is the most common tick in the bighorn sheep. All these species have economic, veterinary, and even medical importance because they transmit pathogens such as *Anaplasma* spp, *Babesia* spp and *Rickettsia* spp.

INTRODUCCIÓN

La borreliosis de Lyme es una zoonosis de distribución mundial y es la enfermedad más común transmitida por vectores en los Estados Unidos de América con más de 20 000 casos reportados anualmente. En Europa, aunque la borreliosis de Lyme no se encuentra entre las enfermedades de declaración obligatoria, se estima que las mayores tasas de incidencia se alcanzan en Alemania, Austria, Eslovenia, Suecia y Escandinavia, pudiendo llegar a los 155 casos por 100 mil habitantes por año (Miranda et al. 2009).

Para transmitir la infección a los humanos se necesita un reservorio animal, principalmente garrapatas y mamíferos pequeños, donde *Borrelia* permanezca viable por largos periodos. Los venados cola blanca son portadores de las formas adultas de las garrapatas y a partir de éstos se infestan otros mamíferos menores, como ratones y liebres, por lo cual es más común en áreas rurales y suburbanas (Skinner et al. 2007).

En México, por la diversidad de su flora y fauna se reportaron garrapatas positivas de los géneros *Ixodes* y *Amblyomma*, mediante PCR, para *B. burgdorferi* sensu stricto en la vegetación y hospederos intermediarios como lo son las ardillas y ratones del noreste de México (Vargas et al. 2007). Además, se ha reportado seropositividad para anticuerpos contra *Borrelia* en caballos y perros del área metropolitana de Monterrey (Martínez et al. 1999). Considerando lo anterior, Nuevo León cuenta con las condiciones propicias para la enfermedad de Lyme, porque se han identificado vectores, huéspedes intermediarios y un ambiente propicio para desarrollar la enfermedad por lo que se identifican posibles vectores en hospederos intermediarios como lo es el venado cola blanca *Odocoileus virginianus couesi* y en borrego cimarrón *Ovis canadensis*.

En nuestro país se ha observado una prevalencia de infección por *B. burgdorferi* del 1.1% en sueros de la población mexicana en 1999 y del 6.3% en la población del noreste de la República Mexicana en el 2003 (Gordillo-Pérez et al. 1999, 2003). Debido a la importancia de esta enfermedad en la salud pública, este estudio pretende dar a conocer la prevalencia de *B. burgdorferi* en garrapatas colectadas de venado cola blanca.

ANTECEDENTES

1- VECTOR

Las garrapatas pertenecen al Phylum Arthropoda, Clase Arachnida, Orden Acarina. Existen dos familias principales de garrapatas, la Familia Argasidae (garrapatas blandas), principalmente parásitos de aves, e Ixodidae (garrapatas duras, por el escudo dorsal que poseen), siendo las últimas las que presentan una mayor importancia (Harwood y Maurice 1987).

1.1 CLASIFICACIÓN

Las garrapatas pertenecen a la superfamilia Ixodoidea, dividida en 2 familias principales

- 1- Ixodidae: o garrapatas duras- con capitulo terminal, escudo, dimorfismo sexual obvio; El escudo en los machos cubre todo el dorso, por lo que no son capaces de una gran expansión; El escudo en las hembras es una placa pequeña inmediatamente después del capítulo, por lo que estas pueden expandirse enormemente.
- 2- Argasidae, o garrapatas blandas- sin escudo, dimorfismo sexual no obvio, capitulo ventral y pedipalpos parecidos a patas, ojos laterales y en los surcos supracoxales cuando los hay, y estigmas muy pequeños (Harwood y Maurice 1987).

En la clasificación más comúnmente utilizada de garrapatas, la familia Ixodidae comprende 2 grupos principales, los Prostriata y la Metastriata, y dos subfamilias son actualmente reconocidas en Argasidae: la Argasinae y la Ornithodorinae, la familia Nuttalliellidae está representado por una única especie confinados en el sur África (Parola y Raoult 2001) (Fig.1).

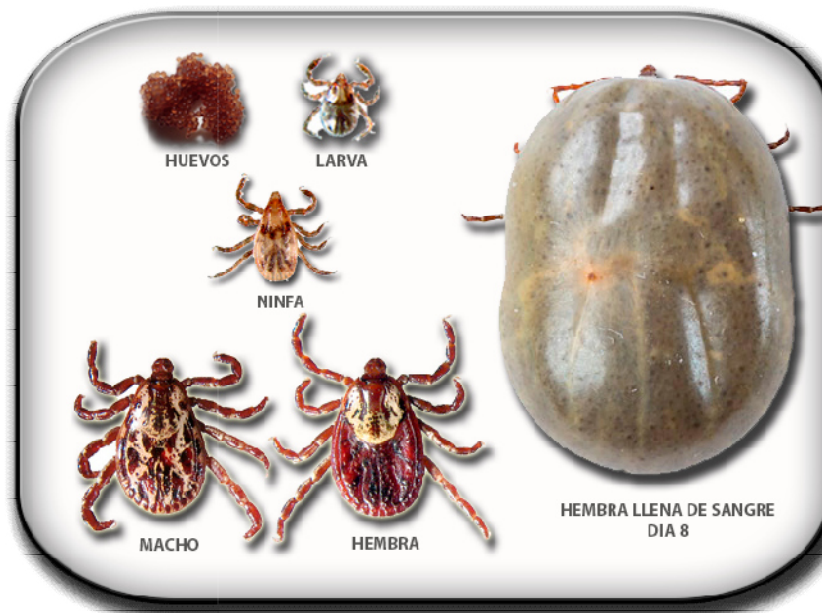


Fig. 2-Morfología de las garrapatas. Tomada de: <http://www.vickycan.com/garrapata.html>

La morfología de los adultos y de los estadios inmaduros (larvas y ninfas) es semejante, diferenciándose estos últimos por presentar un menor tamaño. A su vez, los machos suelen ser menores que las hembras, y dado que ingieren cantidades de sangre mucho menores, no suelen incrementar su volumen (Fig 2); tienen una longitud entre 2 y 20 mm y antes de alimentarse presentan un cuerpo comprimido dorsoventralmente, que se encuentra dividido en dos porciones: Gnatosoma e idiosoma (Márquez-Jiménez et al.2005).

Extremo anterior: piezas bucales o Gnatosoma

Las piezas bucales se encuentran en el capitulum y consisten de un hipostomo, dos queloseros y dos pedipalpos. Los pedipalpos tienen una función tótil. Los queloseros terminan en ganchos que penetran la dermis como arpones para ayudar a la garrapata a que introduzca el hipostomo dentro de la piel mediante una contracción muscular; las numerosas espinas retrágradas del hipostomo ayudan a mantener su posición. (León-Artozqui. 2012) (Fig.3).

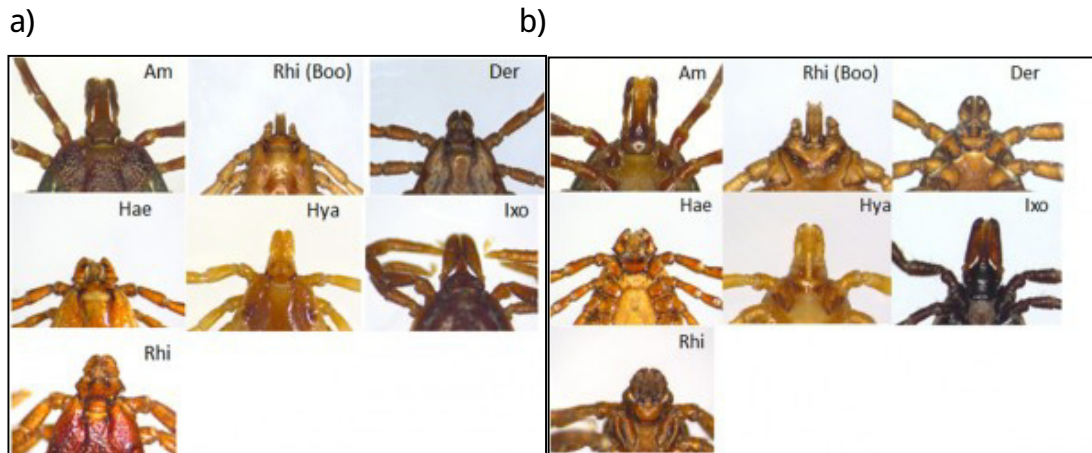


Fig. 3-Diferentes Gnatostomas de las garrapatas para identificación de las mismas: a) vista dorsal b) vista ventral. Tomada de: <http://bristoltickid.blogspot.com/2012/07/key-to-genera/>

Cuerpo o Idiosoma

• Cara dorsal: las garrapatas duras se caracterizan por la presencia de un escudo dorsal endurecido (scutum dorsal). En los machos, abarca toda la longitud del cuerpo mientras que en las hembras, este es más pequeño y se encuentra en la parte anterior, lo que les permite poder distenderse de manera considerable durante la toma de sangre (Fig. 4a).

• Cara ventral: el orificio genital se posiciona entre el segundo par de patas, y el orificio anal entre el cuarto par. Justo detrás de las dos cuartas patas pueden observarse los dos estigmas respiratorios (Fig.4b).

Patas: tienen 6 componentes: coxa, trocánter, fémur, rodilla, tibia, metatarso y tarso. El primer tarso alberga el Órgano sensorial de Haller que ayuda en la detección de los hospedadores.

Órganos sensoriales: Reas porosas en la superficie dorsal de las hembras a cada lado del capitulum, que sirven para detectar a los machos. Algunas especies contienen ojos u Órganos fotosensibles Estiles para la identificación de los hospedadores (León-Artzqui. 2012).

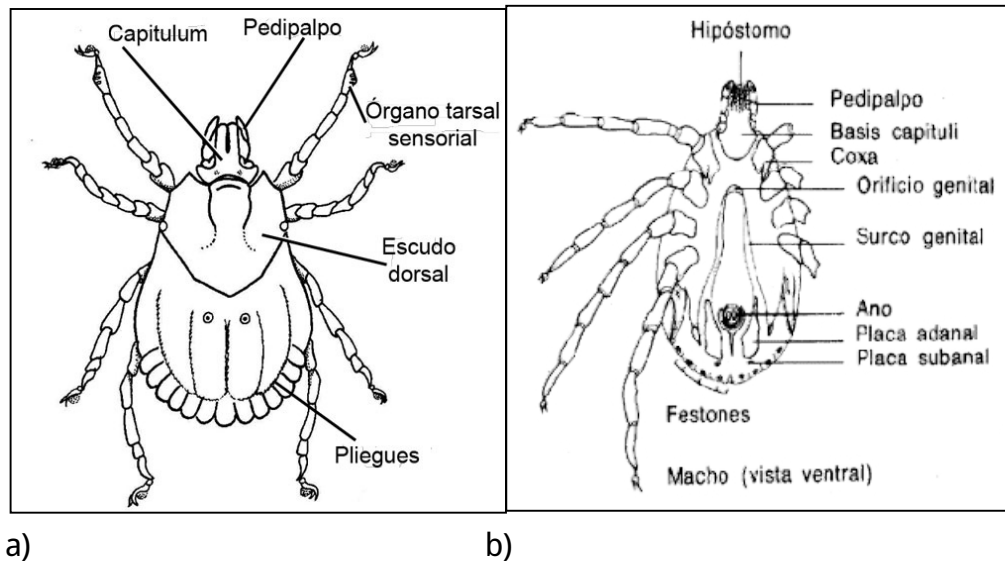


Fig. 4- Estructuras externas de las garrapatas: a) vista dorsal b) vista ventral. Tomadas de: <http://www.geocities.ws/ueb2001/Resumen/entomologia/garrapatas.html> y <http://www.asturnatura.com/articulos/quelicerados/aracnida-aracnidos-acaros.php>

Anatomía interna de los estados adultos

Disponen de un tracto digestivo consistente en una faringe muscular adaptada para absorber fluido. Cuentan con glándulas salivares ramificadas que se abren en la faringe. Existen numerosos puntos de conexión entre el tracto digestivo y el tracto genital de las hembras (ovarios y útero), lo que explica la facilidad de transmisión de patógenos desde el tracto digestivo a los ovarios, facilitando de esta manera la transmisión vertical de estos agentes. (León-Artozqui. 2012).

1.3 CICLO DE VIDA

El ciclo vital de los ixódidos presenta cuatro estadios (huevo, larva, ninfa y adulto); el paso de un estadio al siguiente implica la ingesta de un gran volumen de sangre de un hospedador, la digestión de la misma, introducción de cambios morfoanatómicos que concluyen con la muda del tegumento y un período más o menos largo de vida libre a la búsqueda de un nuevo hospedador; el desarrollo del ciclo biológico de una garrapata se encuentra estrechamente relacionado con la presencia efectiva de hospedadores adecuados en su área biológica, así como con la existencia de un microhábitat en el que se den condiciones favorables; de este modo, se pueden distinguir ciclos en los que intervienen tres, dos y un único hospedador (León-Artzqui. 2012).

• Ciclo clásico: trífico. Hay tres hospedadores para cada generación de garrapatas y una única fase de alimentación por estado, la cual es seguida por la caída de la garrapata al suelo y la fase de muda. El nuevo estado recién surgido espera a que un hospedador pase para continuar el ciclo de desarrollo (Fig 5).

• Ciclo difílico: Hay dos hospedadores para cada generación de garrapatas. La larva muda a ninfa en el primer hospedador. Es el caso para algunas especies de *Rhipicephalus*.

• Ciclo monofílico: Todas las mudas se producen en el mismo hospedador. Algunas especies de *Dermacentor* siguen este ciclo (León-Artzqui. 2012).

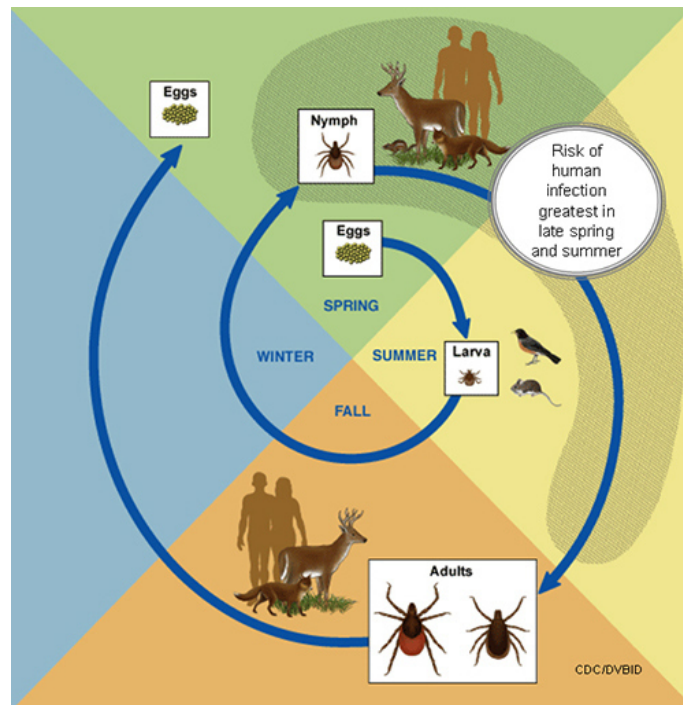


Fig. 5-Ciclo de vida de la garrapata de venado. Tomada de: <http://www.cdc.gov/lyme/transmission/index.html>

El potencial vectorial de las garrapatas se justifica en razón de:

- ¿ Lo prolongado de su período de alimentación, que permite la transmisión bidireccional de los agentes patógenos.
- ¿ Digestión intracelular de la sangre ingerida.
- ¿ La transmisión transtadial (larva " ninfa " adulto) y vertical (transmisión transovárica de la hembra a la siguiente generación a través del ovario) de distintos agentes (p. ej., distintas Rickettsia).
- ¿ La coincidencia durante la alimentación de distintos estadios de una misma especie, lo que favorece la transmisión horizontal de los agentes patógenos.
- ¿ Su capacidad para alimentarse sobre distintos hospedadores, que permite la transmisión de los agentes patógenos de unos hospedadores a otros.
- ¿ Su enorme potencial de dispersión, firmemente aferradas a la piel de sus hospedadores.

- ¿ El potencial reproductor de las hembras, capaces de depositar cientos o miles de huevos y que posibilita un crecimiento rápido de las poblaciones de estos parásitos.
- ¿ Su capacidad para mantenerse vivas tras largos períodos de inanición (Márquez-Jiménez et al. 2005).

Los vectores importantes de enfermedades humanas son las garrapatas de tres huéspedes, la duración promedio del ciclo de vida esta de 1-2 años, variando según las condiciones medioambientales. Dentro del ciclo de vida la garrapata puede adquirir el patógeno de manera horizontal (medio ambiente) o de manera vertical (hereditario). *Babesia microti*, *Borrelia burgdorferi* y *Anaplasma phagocitophilum* son ejemplos de patógenos adquiridos de manera horizontal. Mientras que *R. rickettsii*, el agente causal de la fiebre de las montañas rocallosas, es adquirido de manera vertical en las hembras de *Dermacentor variabilis*. En muchas ocasiones las ninfas se consideran el estadio más idóneo para la transmisión de enfermedades, ya que debido a su pequeño tamaño, pasan desapercibidas y pueden alimentarse sin problemas. Un alto porcentaje de las enfermedades relacionadas con garrapatas se presentan entre finales de primavera y principios de otoño por alta actividad ninfal. En la mayoría de los casos las enfermedades transmitidas por garrapatas son leves y se resuelven con un diagnóstico temprano y exacto (Koneman y Allen 2008).

Ixodes scapularis es conocido como el principal vector a nivel mundial de la enfermedad de Lyme. Además de estar asociado a babesiosis y anaplasmosis granulocítica humana. *Dermacentor variabilis* es vector de la fiebre de las montañas rocallosas, parvovirus por garrapatas y tularemia. La erliquiosis monocítica humana es transmitida por *Amblyomma americanum*. *Ixodes cookei* e *Ixodes marxi* son vectores de tularemia y el virus de Powassan. Las especies de *Ornithodoros* (garrapatas blandas) son transmisores de especies de *Borrelia* que producen fiebres recurrentes endémicas. La rickettsiosis 364D es una enfermedad reciente asociada a *Dermacentor occidentalis*. Center for Disease Control and Prevention (CDC), 2014.

El ciclo de *Borrelia* se encuentra ligado estrechamente al de la garrapata, estas adquieren la espiroqueta en su estado larval, después de mudar a su estado ninfal, las garrapatas infectadas pueden alimentarse de una gran gama de animales, los que se convierten en su nuevo hospedero, perpetuando el ciclo; después de que las ninfas mudan a adultos, estas se alimentan exclusivamente de mamíferos grandes, los cuales no son siempre hospederos competentes para *B. burgdorferi*; las espiroquetas raramente se transmiten de manera transovarica, por lo que la alimentación larval y ninfal es crucial para el mantenimiento de la espiroqueta (Tilly et al. 2009).

1.4 DISTRIBUCIÓN

En México, esta diversidad está constituida por 2 familias: Argasidae (garrapatas blandas) e Ixodidae (garrapatas duras). Los argásidos están representados por 32 especies en 5 géneros: *Argas* (6 especies), *Antricola* (3), *Ornithodoros* (20), *Otobius* (2) y *Nothoaspis* (1), mientras que los Ixodidae por 68 especies en 5 géneros: *Ixodes* (26 especies), *Amblyomma* (26), *Dermacentor* (10), *Haemaphysalis* (3) y *Rhipicephalus* (3).

Actualmente los géneros con mayor riqueza son *Amblyomma* e *Ixodes*; las especies del primero están asociadas con 43 taxones de vertebrados, lo que representa al 1.9% del total de vertebrados terrestres en el país (2 306 especies). Los mamíferos son los principales hospederos seguidos por reptiles, aves y anfibios. Las especies del género *Amblyomma* han sido registradas en 30 de los 32 estados de la República Mexicana, siendo *A. cajennense* la especie de mayor distribución. Las especies del género *Ixodes* han sido registradas en asociación con aves y mamíferos, sólo 6 y 24 especies respectivamente de las 1 050 especies de aves y 525 de mamíferos, han sido referidas como hospederos de estas garrapatas. Las especies incluidas en este género se distribuyen en 26 de los 32 estados de la República Mexicana siendo *Ixodes scapularis* (Say 1821) la especie con la distribución más amplia en 13 entidades (Pérez et al. 2014).

Otros insectos hematofagos, como mosquitos, pulgas y ciertas especies de moscas, han sido reportados como vectores potenciales, aunque parecen tener menor importancia en la dinámica de transmisión al humano; los piojos animales y humanos, tan importantes en la transmisión de otras borreliosis, no han sido estudiados en la borreliosis de Lyme (Herrera-Lorenzo et al. 2011).

2. ENFERMEDAD DE LYME

A principios del siglo XX, Benjamin Lipschutz y Arvid Afzelius hicieron las primeras descripciones del eritema crónico migrans (ECM), que ahora se sabe que es la manifestación inicial en la piel de la borreliosis de Lyme, en Europa, Afzelius describió la asociación de las lesiones de ECM con la mordedura de una garrapata en 1910 (García-Meléndez et al. 2014).

Más tarde Steere en 1975 realizó la evaluación epidemiológica de 39 niños y 12 adultos de los pueblos de Old Lyme, Lyme y East Haddam, que desarrollaron hinchazón asimétrica recurrente y dolor en unas pocas articulaciones grandes, la mayoría en la rodilla, condujo a la completa descripción de la infección y su asociación con el vector (Gaumond et al. 2006).

En 1982 Burgdorfer aisló el microorganismo causal que se encontraba dentro del tracto gastrointestinal de la garrapata Ixodes, concluyendo que se trataba de una espiroqueta, sobre la base de las características ultraestructurales y el análisis del ADN, la espiroqueta de la enfermedad de Lyme fue identificada como miembro del género *Borrelia*, y recibió el nombre de *B. burgdorferi* en honor a su descubridor (García-Meléndez et al. 2014).

La enfermedad de Lyme causa una amplia gama de síntomas en seres humanos, incluyendo una erupción anular (eritema migrans), síntomas de artritis, gripe, y síntomas neurológicos, incluyendo parálisis del nervio facial (Gaumond et al. 2006).

Los pacientes con la infección pueden cursar sin síntomas o padecer manifestaciones cardíacas, articulares, cutáneas o neurológicas; sin embargo, la ausencia de datos patognomónicos y lo inespecífico de alguno de sus síntomas causa confusiones con otros diagnósticos, como fibromialgia y síndrome de fatiga crónica (Skinner et al. 2007).

El diagnóstico clínico es difícil, ya que un elevado número de enfermos no recuerdan el antecedente de la mordedura de garrapata, y hasta en un 50 % de los afectados tampoco aparece la lesión cutánea característica denominada eritema migrans, y las fases posteriores de la enfermedad se caracterizan por la inespecificidad de los signos y síntomas (Tabla 1), además la mayoría de las infecciones son subclínicas (Miranda et al. 2009).

Tabla 1 Clasificación clínica de la enfermedad de Lyme. (Portillo et al. 2014).

Fase precoz localizada	Presencia de EM o linfadenitis benigna cutis con o sin linfadenopatía u otros signos o síntomas	ESTADIO I
Fase precoz diseminada	Presencia de EM múltiple y/o manifestaciones neurológicas, cardíacas o articulares agudas	ESTADIO II
Fase crónica	Presencia de ACA, neuroborreliosis terciaria o artritis persistente o recidivante de al menos 6 meses de duración	ESTADIO III
ACA: acrodermatitis crónica atrófica; EM: eritema migratorio.		

2.1 AGENTE ETIOLOGICO

La borreliosis de Lyme es causada por varias especies estrechamente relacionadas que se conocen colectivamente como *B. burgdorferi* sensu lato (*B. burgdorferi* en sentido general). La infección humana es causada principalmente por 3 genoespecies patógenas: *B. burgdorferi* sensu stricto (*B. burgdorferi* en sentido estricto), *B. garinii*, y *B. afzelii*; *B. burgdorferi* es la única causa de la infección en los Estados Unidos; las 3 genoespecies se encuentran en Europa, y las últimas 2 especies se encuentran en Asia (Steere. 2006).

2.2 CARACTERÍSTICAS

Las bacterias del género *Borrelia* pertenecen al orden de los Spirochetaceae. Las espiroquetas son organismos filamentosos extraordinariamente largos y flexibles y con una forma característica en espiral. Las especies del género *Borrelia* son microaerófilas, móviles y se transmiten por medio de un vector artrópodo, característica fundamental que las distingue de otros géneros como *Treponema* y *Leptospira* (Escudero-Nieto y Guerrero-Espejo 2005).

La composición de la pared celular es similar a las bacterias gram negativas, con algunas diferencias importantes, por ejemplo la ausencia de lipopolisacáridos y la abundancia de lipoproteínas en la pared externa; los mayores componentes de membrana identificados en *Borrelia* son 2 fosfolípidos (fosfatidilcolina y fosfoglicerol) y 2 glucolípidos atípicos 1-O- Palmitoil -2- O- Oleil-3-O- -D-galactopiranosil-sn-glicerol y Colesterol 6-O- Palmitoil- β -D-galactopiranosido; Ambos pueden provocar la producción de anticuerpos específicos en modelos murinos (Krupka et al. 2007).

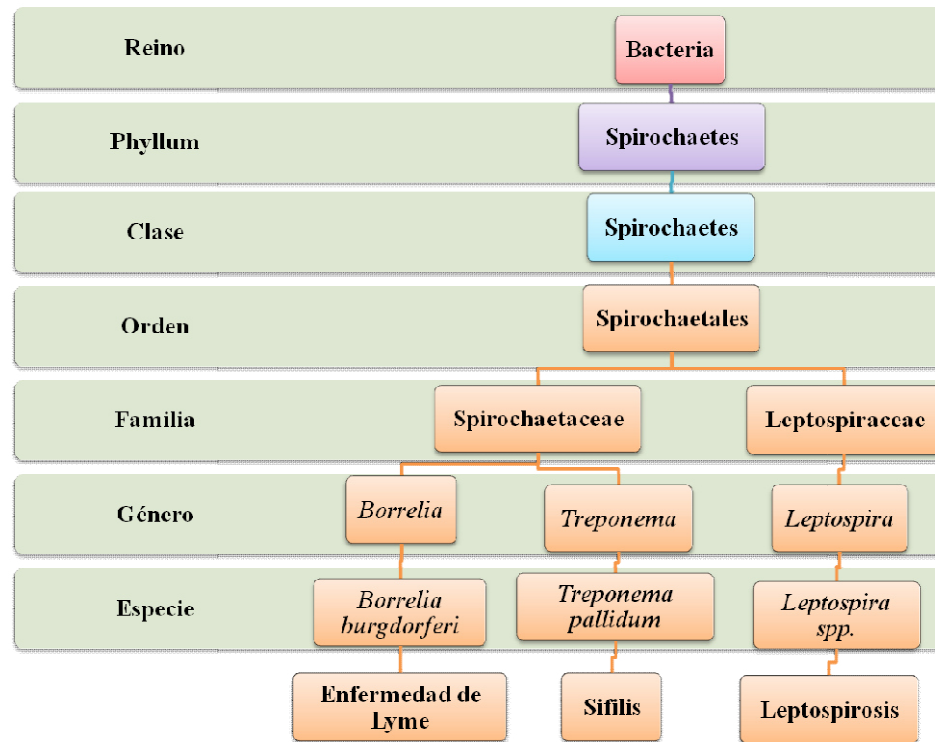


Fig. 6- Taxonomía de *Borrelia burgdorferi*. (Karami 2012)

Mientras que la motilidad de las bacterias flageladas se obstaculiza en sustancias viscosas, en las espiroquetas es mejor, y aproximadamente el 6% del genoma codifica proteínas cromosómicas que participan en la motilidad y la quimiotaxis. A diferencia de otras bacterias, la membrana externa carece de rigidez, y son los flagelos los que determinan la forma de la espiroqueta. Esto se observó al inactivar el gen *flaB*, que codifica para la principal proteína del filamento flagelar, lo que produjo bacterias que carecen de flagelos, inmóviles y de forma bacilar (Karami 2012; García-Meléndez et al. 2014)

Estos flagelos no se encuentran en la superficie de la célula, sino en el espacio periplásmico entre la membrana celular externa y el cilindro de protoplasma y están insertados en los extremos del mismo (Fig.7a) (Barbour y Hayes, 1986) a diferencia de otras bacterias donde los flagelos consisten en una sola proteína, la flagelina, los flagelos de las espiroquetas se componen de múltiples proteínas. El núcleo del flagelo periplásmico está compuesto de una familia de proteínas FlaB (41 kDa) cuya secuencia

es similar a la flagelina y FlaA (38 kDa) que forma una vaina que rodea el núcleo FlaB (Fig.7b) y por lo tanto este flagelo es más grueso (Wolgemuth et al., 2006; Krupka et al. 2007).

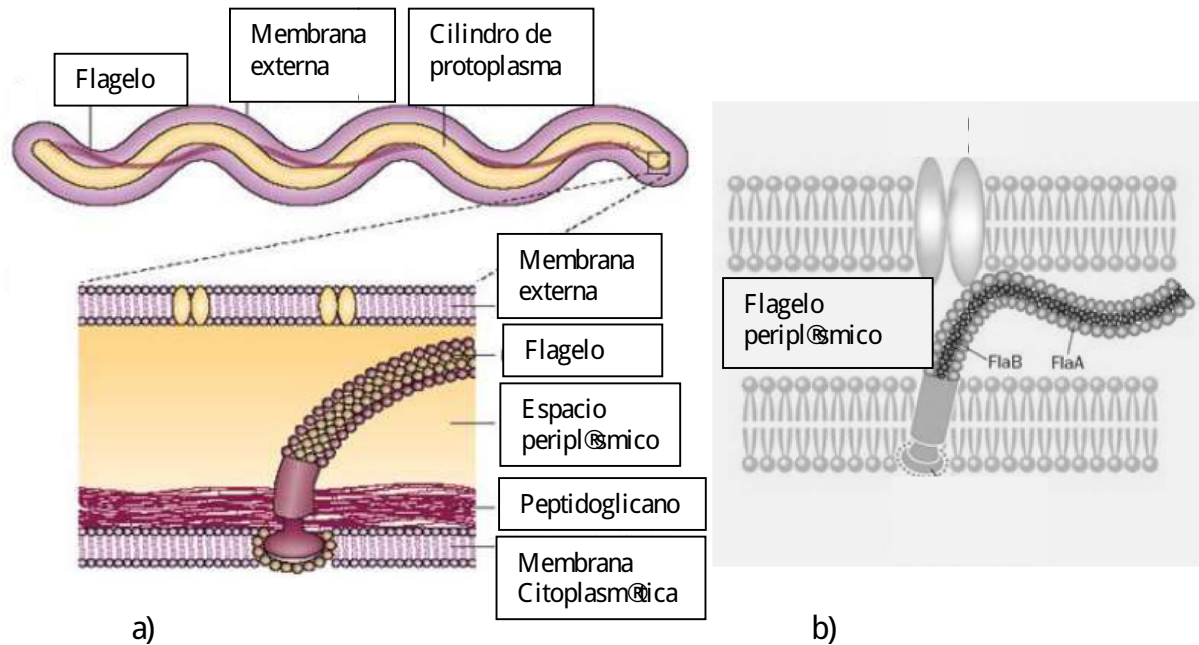


Fig. 7 -Estructura del flagelo de *B. burgdorferi* Karami (2012)

El genoma completo de la cepa B31 de *B. burgdorferi* s.s. es de aproximadamente 1.5 Mb, y comprende un cromosoma lineal de 950 kb y 9 plásmidos circulares y 12 lineales; las características más importantes de este genoma residen en el gran número de secuencias que codifican lipoproteínas, incluyendo las proteínas de envuelta externa (Osp's, del inglés Outer Surface Proteins) OspA hasta OspF6, así como la elevada cantidad de pseudogenes (Escudero-Nieto y Guerrero-Espejo 2005). También tiene pocas proteínas para actividad biosintética y depende de su hospedero para muchos de sus requerimientos nutricionales; no tiene secuencias reconocidas para toxinas (Steere 2006).

Borreliella tiene la habilidad única de poder sobrevivir en ambientes sin hierro, a pesar de que este es un limitante para muchas bacterias patógenas; este hecho es causado por la eliminación de la mayoría de las metaloproteínas dependientes de Fe y la sustitución por

magnesio en las restantes. Otra característica típica, que no se ha entendido claramente hasta ahora son las formas no helicoidales; varias formas cónicas, de "ampolla" y en L se han descrito repetidamente durante su cultivo en medios con pH no óptimo en ausencia de suero, presencia de antibióticos y cultivos viejos, es decir, en general bajo condiciones de estrés; se ha observado que al menos algunas de estas transformaciones son reversibles; se ha propuesto que estas alteraciones son significativas en la patogénesis, evasión inmune y/o resistencia a antibióticos de por lo menos *B. burgdorferi* s.s (Krupka et al. 2007).

A excepción de *B. crocidurae* y *B. hispanica*, el resto de estas borrelias son cultivables, aunque en ocasiones necesitan condiciones especiales de crecimiento, crecen en medio líquido Barbour-Stoenner-Kelly II15 a 30-34 °C en ambiente microaerófilo y se dividen cada 8-12 h durante la fase logarítmica de su crecimiento. (Escudero-Nieto y Guerrero-Espejo 2005)

2.3 PATOGENESIS

Las borrelias tienen que ser capaces de adherirse y sobrevivir en el intestino de la garrapata, pasar a la hemolinfa y transportarse a través de las glándulas salivales al flujo sanguíneo del hospedero, evitar la reacción inmune y diseminarse a los órganos diana. En todo este proceso tienen un papel importante varias proteínas de membrana externa y proteínas adhesivas (Rodríguez-González 2013).

En garrapatas sin alimentar, las espiroquetas expresan la proteína OspA, que se une a su receptor TROSPA asegurando que se adhiera la bacteria; durante la alimentación de las garrapatas, aproximadamente de 24 a 48 horas después de la unión, *Borrelia* regula a la baja OspA, y expresa OspC y migra a las glándulas salivales; en este punto OspC une a una proteína de la glándula salival de garrapata de 15 kDa (Salp15), protegiendo la espiroqueta de la respuesta del hospedero (Coumou et al. 2011).

Algunos de los plásmidos de *B. burgdorferi* s. s no son esenciales para su crecimiento in vitro y pueden perderlos fácilmente cuando pasan a través de su hospedero natural; sin embargo algunos de estos genes son necesarios durante el curso natural de la infección y para la permanencia de *Borrelia* en su hospedero; además los plásmidos lineales tienen características similares al cromosoma lineal lo que respalda la idea que al menos algunos plásmidos de *B. burgdorferi* s. l. deben ser considerados como "microcromosomas" (Krupka et al.2007).

En la borreliosis de Lyme el hombre es un hospedero accidental, para la transmisión de esta enfermedad es necesario que la garrapata infectada se mantenga adherida a la piel por un período de no menos de 24 horas. La puerta de entrada es la piel, la diseminación es cutánea, linfática y hematológica. No se conoce que existan diferencias genéticas en humanos relacionadas con la susceptibilidad para la infección y es también desconocido cómo puede desarrollarse inmunidad protectora adquirida, por otra parte, no se han reportado casos de reinfección (Herrera-Lorenzo et al. 2011).

3- RESERVORIOS

B. burgdorferi infecta a una amplia gama de animales vertebrados, incluyendo los pequeños mamíferos, lagartos y aves. Las garrapatas del género *Ixodes* transmiten *B. burgdorferi* entre hospederos y son el únicos agentes naturales a través de la cual se ha mostrado que los humanos pueden infectarse (Tilly et al. 2009).

La distribución la garrapata vector se ve influenciada principalmente por las variaciones climáticas y geográficas, así como la migración de aves a las que infestan e incluso la dinámica poblacional normal de los demás hospederos, lo que hace de la garrapata una especie con un potencial de distribución muy alto, además facilita su introducción en sitios donde no se encontraba naturalmente, lo que aumenta el riesgo en el humano de adquirir enfermedades asociadas a estos ácaros (Shaw et al.2003).

Venado

El venado cola blanca (Fig. 8a) es considerado un reservorio incompetente para *Borrelia burgdorferi*, dado que su suero contiene un componente borrelicida, el cual es un anticuerpo contra las manifestaciones de la enfermedad de Lyme, pero la distribución y desarrollo de las poblaciones de venado cola blanca son responsables del establecimiento y mantenimiento de poblaciones del vector ya que se ha demostrado que la densidad de población de venados de cola blanca tiene una correlación positiva con la abundancia de garrapatas en diversas regiones de América del Norte (Chen et al. 2015).

El venado cola blanca mantiene un doble papel en la supervivencia y la proliferación de las garrapatas, al servir como una fuente de alimento preferido y como un vehículo para el transporte y la localización de su hábitat preferido (Paddock y Yabsley 2007).

El intenso manejo de la vida salvaje para la caza, incrementa los riesgos de patógenos zoonóticos; el aprovechamiento del venado cola blanca se ha incrementado a través de vallas, alimentación, bebida y traslados, para aumentar los ingresos de la caza en el noreste de México (Medrano et al. 2012). Esta zona, que abarca los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, constituye la mayor área de granjas para caza del venado cola blanca y por lo general ocupan las mismas áreas con el ganado compartiendo pastura (Cantón-Martínez et al. 2008). Por lo que también pueden compartir enfermedades infecciosas; los agentes infecciosos pueden ser transmitidos del venado al ganado y del ganado al venado y ocasionalmente al humano (Martínez et al. 1999).

Borrego cimarrón

El borrego cimarrón (Fig. 8b) es uno de los grandes mamíferos silvestres de México y una de las especies más importantes por su alto valor ecológico y económico. Sin embargo, la fragmentación del hábitat, la introducción de especies domésticas y recientemente, los esfuerzos por construir una cerca fronteriza, han creado preocupación sobre el impacto que pueda tener a esta especie ya que se encuentra dentro de la lista de especies en peligro. (Buchalski et al. 2015).

El acicalamiento es la primera línea de defensa de los mamíferos salvajes contra la infestación de ectoparásitos y mucha de la evidencia apunta al papel central de las garrapatas en la evolución de este comportamiento. Los animales con este comportamiento pobre o mal desarrollado o invulnerable a una infestación excesiva de garrapatas dando a los individuos con este comportamiento mejor desarrollado una ventaja selectiva, ya que se ha observado que una carga moderada de garrapatas en terneros para crecimiento puede reducir la ganancia de peso en 10-44kg e inducir a anorexia y pérdida de sangre. En poblaciones de borrego cimarrón (*Ovis canadensis* mexicana) del desierto de Chihuahua de Nuevo México, aislado de garrapatas durante miles de años se observó en una tasa de acicalamiento extremadamente baja en este entorno, incluso inferior a la de ungulados en parques zoológicos libres de garrapatas. (Mooring et al., 2006; Li et al. 2014).

Poblaciones de borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) seropositivos para *Anaplasma* spp fueron identificados en California, lo que sugiere un papel de esta especie en la epidemiología de *Anaplasma* spp (de la Fuente et al. 2006) se ha observado que causa enfermedad grave en el borrego cimarrón y puede predisponer al hospedero a otros patógenos, ya que la enfermedad aguda se ha asociado a coinfecciones, además de clima cálido, vacunación, desparasitación, grado de infestación de garrapatas, transporte y movimiento de los animales por largas distancias (Renneker et al., 2013; Altay et al. 2014).

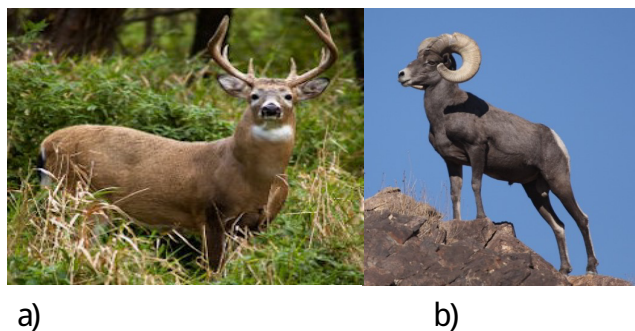


Fig. 8- Reservorios para poblaciones de garrapatas trasmisoras de patógenos: a) venado cola blanca, b) borrego cimarrón

JUSTIFICACIÓN

Nuevo León y el norte del país cuentan con las condiciones propicias para el desarrollo de la enfermedad de Lyme, debido a que se han identificado vectores, huéspedes intermediarios y un medio ambiente favorable; además el aprovechamiento del venado cola blanca se ha incrementado para aumentar los ingresos de la caza en ranchos cinergistas, y agentes infecciosos pueden ser transmitidos del venado al ganado y viceversa, y así también, ocasionalmente al humano. A pesar de esto son pocos los estudios realizados que permiten dar un panorama acerca de la distribución e incidencia de esta enfermedad en el país, el presente estudio analiza los datos actuales acerca de la prevalencia *B. burgdorferi* en el Norte de México que será de importancia para poder visualizar el riesgo de la población de la zona.

HIPÓTESIS

En la zona del norte de México se encuentra prevalente *B. burgdorferi*, dadas las condiciones ambientales propicias que se presentan para su desarrollo.

OBJETIVOS

Objetivo general

- ¿ Determinar la prevalencia de *B. burgdorferi* en garrapatas de venado cola blanca *O. virginianus couesi* y borrego cimarrón *Ovis canadensis*.

Objetivo particulares

- ¿ Determinar la presencia de la bacteria *B. burgdorferi* en garrapatas por medio de la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).
- ¿ Identificar taxonómicamente los vectores de mayor importancia de *B. burgdorferi* en la región.

MATERIAL Y MÉTODOS

Colecta de garrapatas

Las colectas se realizaron en 2 localidades del estado de Sonora: Rancho El Aigame, en el municipio La Colorada (Lat/Lon: 28.73, -110.42) (Directorio cartográfico, dices.net) y en Rancho El Plomito (Lat/Lon: 30.25, -112.37) localizado en el municipio de Pitiquito, Sonora, a 70K m de Caborca y 40K m al Oeste de Puerto Libertad, este rancho cuenta con una superficie de 10,375 has. Su clima es desértico o muy seco semicálido, con ciclo de lluvias bianual. La vegetación es de tipo: Matorral desértico micrófilo, Matorral micrófilo sarcocaulé y Matorral alto espinoso. Desde 1996 en esta localidad se inició el programa de conservación, para lo cual se construyó un encierro para la reproducción de especies de importancia económica en condiciones de semicautiverio, abarcando una superficie de 961 has, y que para 2014 podrá contar con una población reproductiva de borrego cimarrón, venado cola blanca y venado bura para poder realizar las primeras repoblaciones en Sierra El Viejo, Sonora. (Organización de Vida Silvestre 2011, Directorio cartográfico, dices.net)

En Tamaulipas las colectas se realizaron en las áreas de Nuevo Laredo cuya extensión territorial es de 1,201.90 km², que representan el 2.08% de la superficie total de Estado, está situado al norte del Estado de Tamaulipas, y limita al norte con los Estados Unidos de Norteamérica y con el Estado de Nuevo León; al sur y al oeste con el mismo estado, y con el Municipio de Guerrero y al oeste nuevamente con los Estados Unidos de Norteamérica.

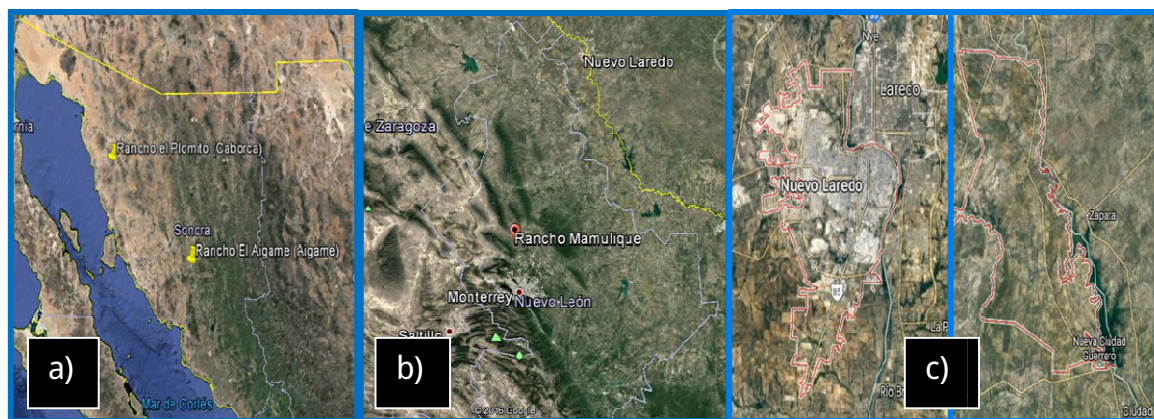
La Cuenca del Río Bravo o Río Grande del Norte le sirve de línea divisoria entre México y los Estados Unidos de Norteamérica. El clima se caracteriza por ser el más seco y extremo del estado, con grandes oscilaciones en la temperatura de que varían desde los 14° C bajo cero en invierno, hasta los 40° C sobre cero en verano; su precipitación pluvial media anual es de 472.5 mm y los vientos predominantes provienen del sur. La flora consiste en pastos forrajeros, yerbas salitradas, cactus de

diferentes especies y arbustos. Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, (2010)

También se realizaron colectas en áreas del municipio de Guerrero, que Colinda al norte con el municipio de Nuevo Laredo; al sur con el municipio de Mier y al oeste con el estado de Nuevo León. Su extensión territorial es de 2,427.1879 Km², se ubica sobre la cuenca del río Bravo, y un 50% del territorio del municipio se encuentra cubierto por la presa Falcón. Su clima se considera de tipo seco, muy cálido y con una precipitación media anual de 440mm³. La vegetación se clasifica como matorral crasirodrifolio espinoso y matorral bajo espinoso Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2010)

En Nuevo León las colectas se realizaron en el Rancho Mamulique en el municipio de Salinas Victoria. (Lat/Lon: 26.1333, -100.333) (Directorio cartográfico, dices.net). Además de Taxidermia Rodríguez y Taxidermia Internacional. Ambas ubicadas en San Nicolás de los Garza, N.L.

Todos los ejemplares obtenidos fueron de la temporada de caza noviembre 2015-febrero 2016, regulada por las autoridades correspondientes.



a) Sonora

b) Nuevo León

c) Tamaulipas

Fig. 9 Ubicación Geográfica de las zonas de muestreo a) Ranchos El plomito y el Agame en Sonora b) Rancho Mamulique en Nuevo León c) Nuevo Laredo y Guerrero Tams.

Las garrapatas se obtuvieron de los hospederos colectados, retirándolos de forma manual o con pinzas por un espacio de 5 minutos de las zonas con más densidad de garrapatas, según la técnica descrita por Amerasinghe et al., en 1992. Posteriormente las garrapatas se introdujeron en viales de 12 mL, previamente etiquetados, y sumergidas en alcohol etílico absoluto como preservador. En el caso de las taxidermias las pieles fueron transportadas en refrigeración hasta el momento de su inspección, para así realizar el mismo procedimiento antes de que estas pasen a los diversos procesos de conservación.

Identificación de garrapatas

La identificación taxonómica se realizó con las claves del Manual de Identificación de las Especies de Garrapatas de Importancia en México de la Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de la Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria de la Dirección General de Salud Animal (1996), además de las claves de (Keirans y Litwak., 1989; Walker et al. 2014)

Ficha entomológica

Este formato se utilizó como bitácora de las colectas e identificación de los ejemplares obtenidos.

Fecha	Localidad	Identificador	Hospedero				Vector		
			No	Sexo	No de garrapatas	área de localización	No de machos	No de hembras	Especie

Extracción del ADN de *B. burgdorferi* a partir de garrapatas

Para su análisis las garrapatas se distribuyeron en pools de máximo 10 ejemplares, del mismo hospedero y género clasificado. Posteriormente a las garrapatas de cada pool se les realizó disección y extracción de 50 ng de tracto digestivo. La obtención del ADN se realizó mediante el protocolo del DNAzol   (Molecular Research Center, Inc 2001) de la siguiente manera:

Se tomaron los pool de muestra, mismos que se pasaron a microtubos de 1.5mL, se agregaron 800 μ L de reactivo DNAzol[®] por tubo, y se calentaron a 95°C en el multi-block [®] por espacio de 10 minutos. Posteriormente se centrifugaron las muestras a 12,000 rpm por 10 minutos y en seguida se transfirieron 400 μ L de sobrenadante a otro microtubo limpio y estéril, al cual se agregaron 500 μ L de alcohol al 100%, se mezcló y se centrifugó a 12,000 rpm durante 5 minutos. El contenido del tubo se decantó para quedar solo con el pellet en el fondo del tubo, se dejó secar por 15 min para después resuspender con 150 μ L de agua bidestilada. Al final este se conservó a -35°C hasta el momento de ser utilizado para la PCR (Galaviz-Silva et al. 2013)

Cepa de referencia

Se usó una muestra de ADN de la cepa B31 donada por la Dra. Cinco del Laboratorio Spirochete, Dipartimento di Scienze Biomediche, Università di Trieste, Trieste, Italy. Como control positivo para la PCR.

Síntesis de iniciadores

La amplificación de muestras se realizó utilizando los iniciadores sintéticos diseñados por Shih y Chao (2002), los cuales pertenecen a la región OspA de la cepa de referencia *B. burgdorferi* B31 y JD1 y denominados como SL-For y SL-Rev. Estos se obtuvieron de un fragmento de 1725 pares de bases de la cepa B31, situados entre los nucleótidos 21 y 328. El primer iniciador se encuentra en la secuencia nucleotídica 21 a 47, 5'-AAT AGG TCT AAT AAT AGC CTT AAT AGC-3' y el segundo iniciador presenta una secuencia oligonucleotídica en la posición 201 a 228 pb, 5'-CTA GTG TTT TGC CAT CTT CTT TGA AAA-3'. Donde para un volumen final de 50 μ L se utilizaron 5 μ L de buffer, 1.5 μ L de MgCl₂, 1 μ L de dNTPs, 0.5 μ L de Taq DNA polimerasa, 1 μ L de cada primer y 5 μ L de la muestra (Galaviz-Silva et al. 2013).

Los productos de PCR se sometieron a electroforesis en geles de agarosa al 2%, que se tiñeron con bromuro de etidio, y se visualizaron en trasiluminador 2000 de BioRad[®] y se tomó foto para registro digital.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en el estudio fueron ingresados a una base de datos de Microsoft Excel. Para determinar los índices de densidad de garrapatas por hospederos, se realizaron medidas de prevalencia, abundancia e intensidad utilizando los criterios de (Bush et al., 1997; Pagano 1999)

$$\text{Prevalencia} = \frac{\text{Número de hospederos con garrapatas}}{\text{Número total de hospederos}} \times 100$$

$$\text{Abundancia} = \frac{\text{Número total de garrapatas}}{\text{Número total de hospederos}}$$

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Número de garrapatas por hospedero}}{\text{Número total de hospederos}}$$

RESULTADOS

Identificación taxonómica del vector

De las localidades muestreadas en el norte de la República de México, se inspeccionaron un total de 116 hospederos: 113 venados de los cuales 23/113 (20.35%) estaban infestados, y 3/3 (100%) borregos cimarranos estaban infestados. Se colectaron un total de 215 garrapatas pertenecientes a 4 especies distintas: *R. microplus*, *D. nitens*, *O. megnini*, *D. hunteri*, los datos obtenidos se muestran resumidos en la Tabla 2.

Tabla 2- Datos obtenidos de las localidades del norte de la República Mexicana

	Nuevo León		Sonora		Tamaulipas
Hospedero	<i>O. virginianus</i>		<i>O. virginianus</i>	<i>O. canadensis</i>	<i>O. virginianus</i>
N de hospederos	13/82 (15.8%)		4/16 (25%)	3/3 (100%)	6/15 (40%)
Especies	<i>R. microplus</i>	<i>D. nitens</i>	<i>O. megnini</i>	<i>D. hunteri</i>	<i>R. microplus</i>
No. garrapatas	76	10	19	93	17
Ninfas	--	--	19/19 (100%)	--	--
ii	65/76 (85.5%)	4/10 (40%)	--	14/93 (15%)	13/17 (76.5%)
iii	11/76 (14.5%)	6/10 (60%)	--	79/93 (85%)	4/17 (23.5%)
Abundancia	0.93	0.12	1.18	31	1.13
Intensidad	5.8	0.77	4.75	31	2.83
TOTALES					
Total de hospederos	26/116 (22.4%)				
Total garrapatas	215				
Ninfas	19/215 (8.8%)				
ii	96/215 (44.7%)				
iii	100/215 (46.5 %)				
Abundancia	1.85				
Intensidad	8.27				

En el estado de Sonora se colectaron un total de 112 garrapatas de las especies *Dermacentor hunteri* y *Otobius megnini* en 2 hospederos distintos: 3 borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), y 16 venado cola blanca (*O. virginianus*). Los datos obtenidos se resumen en la Tabla 3 y las características taxonómicas de las especies identificadas se muestran en las Figs 10 y 11.

Tabla 3- Identificación de vectores de *O. virginianus* y *O. canadensis* en Ranchos de Sonora, México.

	Rancho el Plomito		Rancho el Aigame
Hospedero	<i>O. virginianus</i>	<i>O. canadensis</i>	<i>O. virginianus</i>
N de hospederos	3/13 (23.1%)	3/3 (100%)	1/3 (33.3%)
Especies	<i>O. megnini</i>	<i>D. hunteri</i>	<i>O. megnini</i>
No. garrapatas	15	93	4
Ninfas	15 (100%)	--	4(100%)
ii	--	14(15%)	--
iii	--	79(85%)	--
Abundancia	1.5	31	1.3
Intensidad	5	31	4
TOTALES			
Total hospederos	7/19 (36.8%)		
Total garrapatas	112		
Ninfas	19/112 (17.0%)		
ii	14/112 (12.5%)		
iii	79/112 (70.5%)		
Abundancia	5.8		
Intensidad	16		

En Nuevo León se colectaron garrapatas en Rancho Mamulique localizado en el municipio de Salinas Victoria N.L. donde se capturaron 5 venados. Además se inspeccionaron un total de 77 pieles de venado cola blanca en 2 taxidermias. Se

colectaron un total de 86 garrapatas, de las especies *Boophilus microplus*, y *Dermacentor nitens*. Los datos obtenidos se resumen en la Tabla 4 y las características taxonómicas de las especies halladas se muestran en las figuras 11 y 12.

Tabla 4- Datos obtenidos en las localidades de Nuevo Laredo, México

	Taxidermia internacional		Taxidermia Rodríguez	Rancho Mamulique
Hospedero	Odocoileus virginianus			
N de hospederos	9/65 (13.8%)		2/12 (16.6%)	2/5 (40%)
No. garrapatas	55		26	5
Especies	R. microplus	D. nitens	R. microplus	R. microplus
n	45/55 (81.8%)	10/55 (18.2%)	26/26 (100%)	5/5 (100%)
ii(%)	41(90.1%)	4(40%)	19 (73.1%)	5(100%)
iii(%)	4 (8.9%)	6 (60%)	7 (26.9%)	--
Abundancia	0.84		2.7	1.0
Intensidad	6.1		13	2.5
TOTALES				
N hospederos	13/82 (15.8%)			
Total garrapatas	86			
ii(%)	69/86 (80.2%)			
iii(%)	17/86 (19.8%)			
Abundancia	1.05			
Intensidad	6.6			

En el estado de Tamaulipas se realizaron las colectas de garrapatas de venado cola blanca en las localidades de Nuevo Laredo y Guerrero donde se capturaron un total de 15 venados y se colectaron 17 garrapatas de la especie *Boophilus microplus*. Los datos obtenidos se resumen en la Tabla 5 y as características taxonómicas de *B. microplus* se muestran en la Fig. 12.

Tabla 5- Datos obtenidos de Tamaulipas, México

	Nuevo Laredo	Guerrero
Hospedero	Odocoileus virginianus	
N de hospederos	2/6 (33.3%)	4/9 (44.4%)
Especies	R.microplus	R.microplus
No. garrapatas	4/4 (100%)	13/13(100%)
ii	3(75%)	10(76.9%)
iii	1(25%)	3(26.1%)
Abundancia	0.67	1.4
Intensidad	2	3.25
TOTALES		
N	6/15(40%)	
Total garrapatas	17	
ii	13/17(76.5%)	
iii	4/17(23.5%)	
Abundancia	1.13	
Intensidad	2.83	

Las garrapatas se identificaron en base a las siguientes estructuras según las claves taxonómicas de (Keirans y Litwak, 1989; Walker et al. 2014). Los datos de distribución, hospederos y principales enfermedades transmitidas las especies identificadas en este estudio se resumen en la Tabla 6.



Fig. 10. Características taxonómicas de *Otobius megnini*

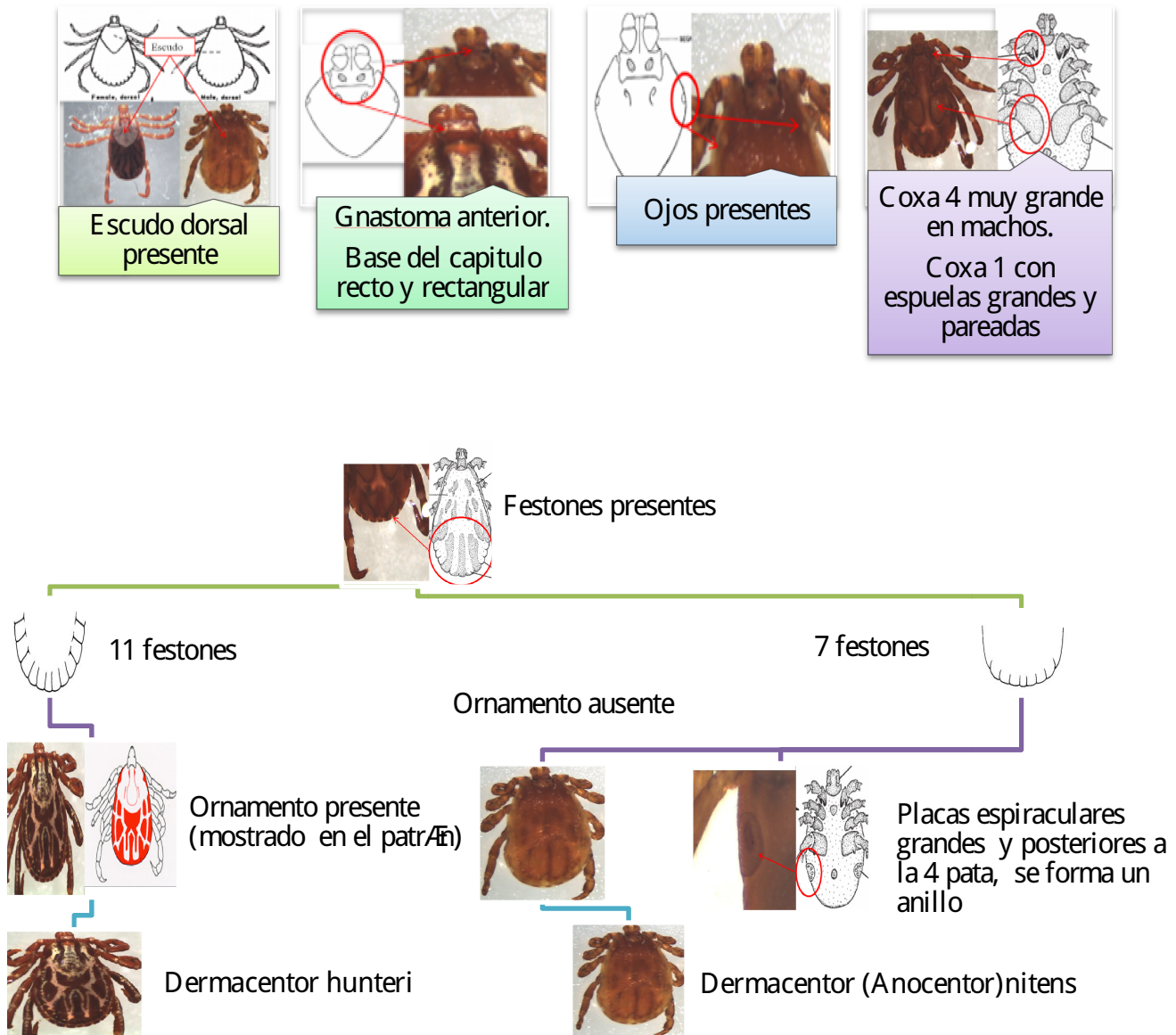


Fig. 11. Características morfológicas para la identificación taxonómica de las especies de *Dermacentor* sp.

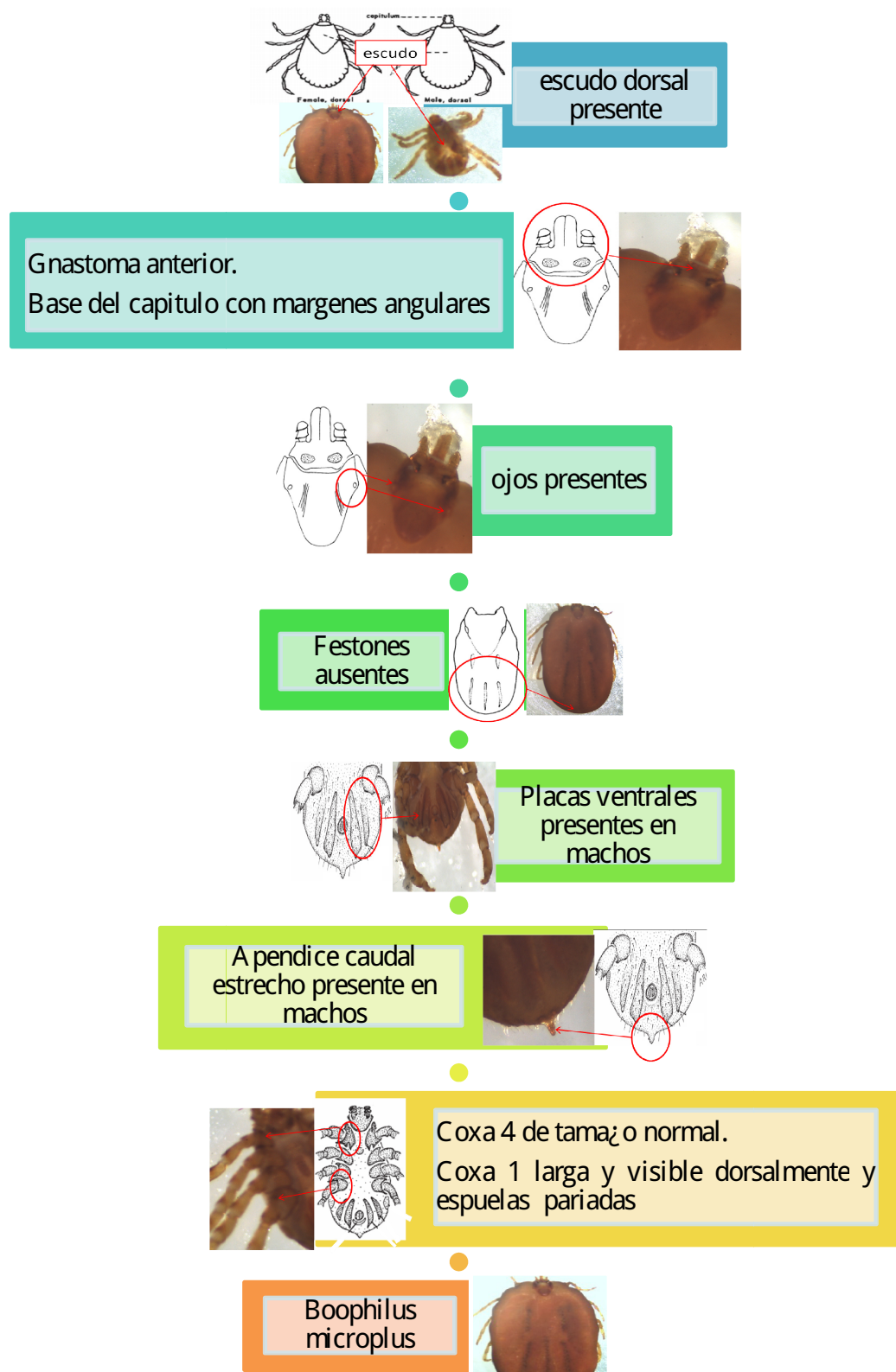


Fig. 12. . Características morfológicas para la identificación taxonómica de *Boophilus microplus*

Diagnostico molecular de *B. burgdorferi*

Las garrapatas colectadas e identificadas para *B. burgdorferi* fueron NEGATIVAS para la amplificación del gen OspA.

En la Fig. 13 se muestra uno de los geles de agarosa al 2%, teñidos con bromuro de etidio, en el cual se corrió un marcador molecular HyperLadder® 100pb, controles positivo y negativo además de 5 muestras

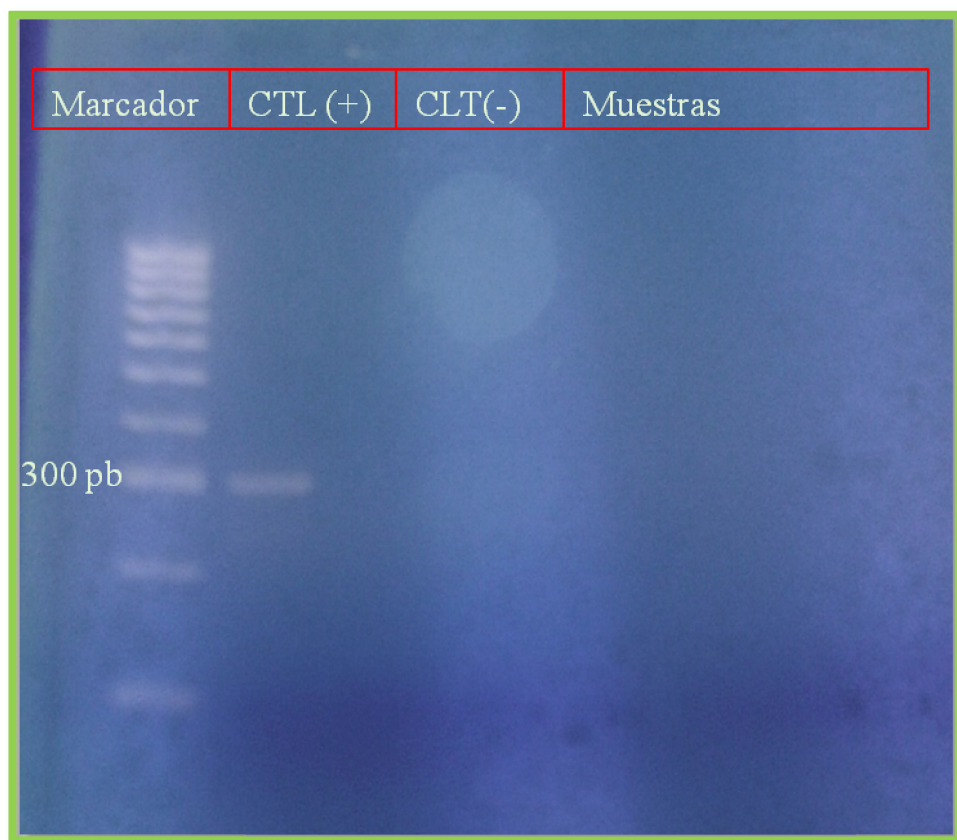


Fig. 13- Gel de electroforesis de agarosa 2% teñido con bromuro de etidio

Tabla 6- Resumen de las especies de garrapatas muestreadas en este estudio

Vector	Distribución Geográfica	Hospederos	Patógenos transmitidos	Literatura
<i>Dermacentor hunteri</i>	Sonora, Baja California	Borrego cimarrón	<i>Anaplasma marginale</i>	(Crosbie et al., 1997; Guzmán-Cornejo et al., 2016)
<i>Dermacentor nitens</i>	Campeche, Chiapas, Chihuahua, Colima, CDMX, Durango, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, SLP, Tamps, Ver, Yucatan	Equinos, ganado, perros	<i>Babesia caballi</i> , <i>Anaplasma marginale</i>	(Dias Uzedo-Ribeiro et al., 2014; Guzmán-Cornejo et al., 2016)
<i>Otobius megnini</i>	Suroeste de E.U y México. Sudamérica, Sudáfrica, Hawái, India	Ganado, Ungulados, perros	Actúan como vectores de rickettsias causantes de fiebre moteada y fiebre Q	(Niebuhr et al., 2013; Diyes & Rajakaruna, 2016)
<i>R. microplus</i>	Mundial: Regiones tropicales y subtropicales	Ganado, ungulados	<i>Babesia bovis</i> , <i>Babesia bigemina</i> , <i>Anaplasma marginale</i>	(Merino et al., 2011)

DISCUSIÓN

Aunque el venado cola blanca se asocia a la enfermedad de Lyme, las garrapatas no fueron positivas a la enfermedad, debido a que el género identificado como vector de la enfermedad es *Ixodes* sp, y en este estudio no se identificó este vector, cabe señalar que en el noreste de México se ha reportado *Ixodes* sp. positivo para *Borrelia burgdorferi* sensu lato (s.l.) en hospederos intermediarios como ardillas y ratones (Vargas et al., 2007).

Las garrapatas identificadas fueron: *Otobius megnini*, *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*, *Dermacentor* (*Anocentor*) *nitens* y *Dermacentor* *hunteri*. Actualmente el manejo del venado cola blanca es en ranchos cinegéticos, debido a los ingresos que se perciben con la caza del venado, las pieles y la carne de consumo. Así los venados en los ranchos, comparten con el ganado, las mismas áreas de alimentación (pastura), bebida y traslados para obtener mejores ingresos con la caza de este hospedero (Medrano et al., 2012; Cantú-Martínez et al., 2008). Por lo cual, también comparten vectores como *O. megnini*, *R. microplus* y *D. nitens* reportados en este estudio que se asocian a agentes infecciosos como *Anaplasma* spp, *Babesia* spp y *Rickettsia* spp. Que pueden ser transmitidos del venado al ganado y viceversa, ocasionalmente al humano.

En el caso de *R. microplus* (Wang et al., 2016) menciona que durante los períodos de tratamiento para el control de esta especie en ganado, el venado de cola blanca participa como refugio de garrapatas y a su vez dispersa las garrapatas hembras con larvas hacia hábitats favorables para su supervivencia en las etapas de desarrollo fuera del huésped, lo que facilita el recrudecimiento de las infestaciones después de la terminación de los períodos de tratamiento.

Otobius megnini es una especie de garrapata blanda de importancia médica y veterinaria, que infesta una amplia variedad de animales salvajes y domesticados (por ejemplo cabra, ganado, ciervo, cerdo, potro, mula, caballo, burro, perro, gato) y ocasionalmente. Se le asocia a parásitos, irritaciones, condiciones tóxicas, alergias, perforación del tímpano, espasmos musculares, miotonía, otitis severa y también actúan como vectores de rickettsias causantes de fiebre moteada y fiebre Q (Díez & Rajakaruna, 2016).

De las especies identificadas del género *Dermacentor*, la especie *Dermacentor hunteri* se ha observado casi exclusivamente en borrego cimarrón (Crosbie et al., 1997). Asociado como vector de *Anaplasma* y otras rickettsias como por lo que esta especie es también de importancia económica y veterinaria. *D. nitens* se considera el principal vector natural de *Babesia caballi*, uno de los agentes etiológicos de la piroplasmosis equina en las Américas, además ha sido incriminado como vector para la transmisión de *Anaplasma marginale* (Dias Uzeda- Ribeiro et al., 2014)

Y a pesar de que las dos especies reportadas en este estudio no se asociaron a Lyme, la especie *D. variabilis* si se ha asociado a Lyme en perros en el estado de Nuevo León (Galaviz - Silva et al., 2013).

Debido al impacto que causan estos vectores en la salud humana y en animales domésticos, es importante la necesidad de realizar más estudios que identifiquen a posibles vectores en el país, conocer la epidemiología de los mismos y poder prevenir riesgos epidemiológicos en la población mexicana.

CONCLUSIONES

Las 4 especies de garrapatas identificadas en los 2 distintos hospederos fueron negativas para presencia de la espiroqueta causante de Lyme.

Se identificaron 3 especies de garrapatas asociadas a ganado: *Otobius megnini*, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, *Dermacentor (Anocentor) nitens* además de *Dermacentor hunteri* que es la garrapata más común del borrego cimarrón. Todas estas especies, que anteriormente han sido reportadas en la República Mexicana, están asociadas a patógenos como: *Anaplasma* spp, *Babesia* spp y *Rickettsia* spp, entre otros, por lo que son de importancia económica, veterinaria, e inclusive médica.

PERSPECTIVAS

- ¿ De acuerdo con los resultados de este estudio se recomienda seguir con estudios de vigilancia epidemiológica de la enfermedad de Lyme en la población para conocer el riesgo de esta enfermedad en la población humana.
- ¿ Dado que las garrapatas son trasmisoras de diversas enfermedades existe el riesgo otros patógenos (*Anaplasma* spp, *Babesia* spp, *Rickettsia* spp, entre otros) transmitidos por las mismas así como de coinfecciones.
- ¿ Así también es posible estudiar como estos patógenos interactúan con la microbiota del vector para el establecimiento de los mismos y su transmisión.
- ¿ Por otra parte, por su papel como reservorios de las garrapatas es posible continuar el muestreo de las garrapatas en fauna silvestre como el venado cola blanca y borrego cimarrón

BIBLIOGRAFA

- Altay, K., Dumanli, N., Aktao M., ^a zabeek, S., 2014. Survey of Anaplasma Infections in Small Ruminants from East Part of Turkey. Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg. 20, 1-4. doi:10.9775/kvfd.2013.9189
- Amerasinghe, F., Breisch, N., Azad, A., 1992. Distribution, density, and Lyme disease spirochete infection in Ixodes dammini (Acar: Ixodidae) on white-tailed deer in Maryland. J. Med. Entomol. 29(1), 54-61.
- Buchalski, M.R., Navarro, A.Y., Boyce, W.M., Vickers, T.W., Tobler, M.W., Nordstrom, L.A., Alaniz, J., Gille, D.A., Cecilia, M., Penedo, T., Ryder, O.A., Ernest, H.B., 2015. Genetic population structure of Peninsular bighorn sheep (*Ovis canadensis nelsoni*) indicates substantial gene flow across US - Mexico border. Biol. Conserv. 184, 218-228. doi:10.1016/j.biocon.2015.01.006
- Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.M., Shostak, A.W., 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. J. Parasitol. 83, 575-583. doi:10.2307/3284227
- Cantón-Martínez, M., Salinas-Meléndez, J.A., Zarate-Ramos, J., Ñevalos-Ramírez, R., Martínez-Muñoz, A., Segura-Correa, J., 2008. Prevalence of antibodies against *Babesia bigemina* and *B. bovis* in white-tailed deer (*Odocoileus virginianus texanus*) in farms of northeastern Mexico. J. Anim. Vet. Adv. 7, 121-123.
- Chen, D., Wong, H., Belanger, P., Moore, K., Peterson, M., Cunningham, J., 2015. Analyzing the Correlation between Deer Habitat and the Component of the Risk for Lyme Disease in Eastern Ontario, Canada: A GIS-Based Approach. ISPRS Int. J. Geo-Information 4, 105-123.
- Coumou, J., Poll, T. van der, Speelman, P., Hovius, J.W., 2011. Tired of Lyme borreliosis: Lyme borreliosis in the Netherlands. Neth. J. Med. 63, 101-108.
- Crosbie, P., Goff, W., Stiller, D., Jessup, D., 1997. The distribution of *Dermacentor hunteri* and *Anaplasma* sp. in desert bighorn sheep (*Ovis canadensis*). J. Parasitol. 31-37.

- de la Fuente, J., Atkinson, M.W., Hogg, J.T., Miller, D.S., Naranjo, V., Almazán, C., Anderson, N., Kocan, K.M., 2006. Genetic characterization of *Anaplasma ovis* strains from bighorn sheep in Montana. *J. Wildl. Dis.* 42, 381-385. doi:10.7589/0090-3558-42.2.381
- Dias Uzeda- Ribeiroa, C.C., De Azevedo-Baptista, B., Rodrigues-De Almeida Valim, J., Câmara-Teixeira, R., Barizon-Cepeda, P., Barbosa-Da Silva, J., Henrique-Da Fonseca, A., 2014. Use of plastic tips in artificial feeding of *Dermacentor nitens* females Neumann, 1897 (Acari: Ixodidae). *Ticks Tick-borne Dis.* 5, 1-5. doi:10.1016/j.talanta.2011.11.033
- Diyes, G.C.P., Rajakaruna, R.S., 2016. Seasonal dynamics of spinose ear tick *Otobius megnini* associated with horse otoacariasis in Sri Lanka. *Acta Trop.* 159, 170-175. doi:10.1016/j.actatropica.2016.03.025
- Escudero-Nieto, R., Guerrero-Espejo, A., 2005. Enfermedades producidas por *Borrelia*. *Enferm. Infecc. Microbiol. Clin.* 23, 232-240.
- Galaviz-Silva, L., Pérez-Treviño, K.C., Molina-Garza, Z.J., 2013. Distribution of ixodid ticks on dogs in Nuevo León, Mexico, and their association with *Borrelia burgdorferi* sensu lato. *Exp. Appl. Acarol.* 61, 491-501.
- García-Meléndez, M., Taylor, C.S., Salas-Alanís, J., 2014. Enfermedad de Lyme: actualizaciones. *Gac. Med. Mex.* 150, 84-95.
- Gaumont, G., Tyropolis, A., Grodzicki, S., Bushmich, S., 2006. Comparison of direct fluorescent antibody staining and real-time polymerase chain reaction for the detection of *Borrelia burgdorferi* in *Ixodes scapularis* ticks. *J. Vet. Diagnostic Investig.* 586, 583-586.
- Gordillo-Pérez, G., Torres, J., Solorzano-Santos, F., Garduño-Bautista, V., Tapia-Conyer, R., Muñoz, O., Alberdi, M.P., Walker, R., Urquhart, K., Miranda, J., Mattar, S., Perdomo, K., Palencia, L., 2003. Estudio seroepidemiológico de borreliosis de Lyme en la Ciudad de México y el noreste de la República Mexicana. *Enferm. Infecc. Microbiol. Clin.* 11, 480-489.
- Gordillo-Pérez, G., Torres, J., Solorzano, F., Cedillo-Rivera, R., Tapia-Conyer, R.,

- Muñoz, O., 1999. Serologic evidences suggesting the presence of *Borrelia burgdorferi* infection in Mexico. Arch. Med. Res. 30, 64-68.
- Guzmán-Cornejo, C., Robbins, R.G., Guglielmone, A.A., Montiel-Parra, G., Rivas, G., Pérez, T.M., 2016. The Dermacentor (Acari, Ixodida, ixodidae) of Mexico: Hosts, geographical distribution and new records. Zookeys 2016, 1-22. doi:10.3897/zookeys.569.7221
- Harwood, R., Maurice, T., 1987. Entomología médica y veterinaria.
- Herrera -Lorenzo, O., Infante-Ferrer, J., Ramírez-Reyes, C., 2011. Enfermedad de Lyme. Historia, Microbiología, Epizootiología y Epidemiología. Rev. Cubana Hig. Epidemiol. 50, 231-244.
- Karami, A., 2012. Molecular Biology of *Borrelia burgdorferi* 1-27.
- Keirans, J.E., Litwak, T.R., 1989. Pictorial key to the adults of hard ticks, family Ixodidae (Ixodida: Ixodoidea), east of the Mississippi River. J. Med. Entomol. 26, 435-448.
- Koneman, E., Allen, S., 2008. Koneman. Diagnostico Microbiologico/Microbiological diagnosis: Texto Y Atlas En Color/Text and Color Atlas.
- Krupka, M., Raska, M., Belakova, J., Horynova, M., Novotny, R., Weigl, E., 2007. Biological aspects of Lyme disease spirochetes: unique bacteria of the *Borrelia burgdorferi* species group. Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky. Olomouc. Czech. Repub. 151, 175-186.
- León-Artzoki, M., 2012. Garrapatas (Ixodidae) I Anatomía, biología y ecología. Consult Difus et 185, 25-30.
- Li, Z., Beauchamp, G., Mooring, M.S., 2014. Relaxed selection for tick-defense grooming in Père David's deer? Biol. Conserv. 178, 12-18. doi:10.1016/j.biocon.2014.06.026
- Morales-Jiménez, F.J., Hidalgo-Pontiveros, A., Contreras-Chova, F., Jesús Rodríguez-Liñana, J., Ángel Muniain-Ezcurra, M., 2005. Las garrapatas (Acarina: Ixodida) como transmisores y reservorios de microorganismos patógenos en España.

Enferm. Infecc. Microbiol. Clin. 23, 94-102.

Martinez, A., Salinas, A., Martinez, F., Cantu, A., Miller, D.K., 1999. Serosurvey for selected disease agents in white-tailed deer from Mexico. J. Wildl. Dis. 35, 799-803.

Medrano, C., Boadella, M., Barrios, H., Cantú, A., García, Z., de la Fuente, J., Gortazar, C., 2012. Zoonotic pathogens among white-tailed deer, northern Mexico, 2004-2009. Emerg. Infect. Dis. 18, 1372-1374.

Merino, O., Almazán, C., Canales, M., Villar, M., Moreno-Cid, J.A., Estrada-Peña, A., Kocan, K.M., de la Fuente, J., 2011. Control of Rhipicephalus (Boophilus) microplus infestations by the combination of subolesin vaccination and tick autocidal control after subolesin gene knockdown in ticks fed on cattle. Vaccine 29, 2248-2254. doi:10.1016/j.vaccine.2011.01.050

Miranda, J., Mattar, S., Perdomo, K., Palencia, L., 2009. Seroprevalencia de Borreliosis, o Enfermedad de Lyme, en una Población Rural Expuesta de Córdoba, Colombia. Rev. Salud Pública 11, 480-489.

Mooring, M.S., Hart, B.L., Fitzpatrick, T.A., Reisig, D.D., Nishihira, T.T., Fraser, I.C., Benjamin, J.E., 2006. Grooming in desert bighorn sheep (Ovis canadensis mexicana) and the ghost of parasites past. Behav. Ecol. 17, 364-371. doi:10.1093/beheco/arj039

Niebuhr, C.N., Breeden, J.B., Lambert, B.D., Eyres, A.I., Haeefe, H.J., Kattes, D.H., 2013. Off-host collection methods of the Otobius megnini (Acari: Argasidae). J. Med. Entomol. 50, 994-998. doi:10.1603/ME13020

Paddock, C.D., Yabsley, M.J., 2007. Ecological Havoc , the Rise of White-Tailed Deer , and the Emergence of Amblyomma americanum -Associated Zoonoses in the United States 289-324.

Pagano, R., 1999. Estadística para las ciencias del comportamiento.

Parola, P., Raoult, D., 2001. Ticks and tickborne bacterial diseases in humans: an emerging infectious threat. Clin. Infect. Dis. 32, 897-928.

- Pérez, T.M., Guzmán-cornejo, C., Montiel-parra, G., Gerardo, R.P., 2014. Biodiversidad de ácaros en México Biodiversity of Acari in Mexico. *Rev. Mex. Biodivers.* 85, 399-407.
- Portillo, A., Santibáñez, S., Oteo, J.A., 2014. Enfermedad de Lyme. *Enferm. Infecc. Microbiol. Clin.* 32, 37-42.
- Renneker, S., Abdo, J., Salih, D.E.A., Karagenç, T., Bilgiç, H., Torina, A., Oliva, A.G., Campos, J., Kullmann, B., Ahmed, J., Seitzer, U., 2013. Can *Anaplasma ovis* in Small Ruminants be Neglected any Longer? *Transbound. Emerg. Dis.* 60, 105-112. doi:10.1111/tbed.12149
- Rodríguez-González, I., 2013. Actualización acerca de *Borrelia burgdorferi* sensu lato y enfermedad de Lyme Update on *Borrelia burgdorferi* sensu lato and Lyme disease. *Rev. Cubana Med. Trop.* 65, 149-165.
- Shaw, M.T., Keesing, F., McGrail, R., Ostfeld, R.S., 2003. Factors influencing the distribution of larval blacklegged ticks on rodent hosts. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 68, 447-452.
- Shih, C.-M., Chao, L.-L., 2002. An *OspA*-based genospecies identification of Lyme disease spirochetes (*Borrelia burgdorferi*) isolated in Taiwan. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 66, 611-5.
- Skinner, T.C.M., Flores-Gonzalez, M.S., Esquivel-Valerio, J.A., Salinas-Meléndez, J.A., Salinas-Palacios, C.K., Rodríguez-Amado, J., Garza-Elizondo, M.A., 2007. Evidencia de la enfermedad de Lyme en una población de alto riesgo del noreste de México. *Med. Universitaria* 9, 105-111.
- Steere, A.C., 2006. Lyme borreliosis in 2005, 30 years after initial observations in Lyme Connecticut. *Wien. Klin. Wochenschr.* 118, 625-633.
- Tilly, K., Rosa, P., Stewart, P., 2009. Biology of infection with *Borrelia burgdorferi*. *Infect. Dis. Clin. North Am.* 22, 1-17.
- Vargas, M., Gordillo-Pérez, G., Solís-Azanza, F., 2007. Evidencias de *Borrelia burgdorferi* Sensu stricto en garrapatas del Noreste de México. *Entomol. Mex.* 6, 830-835.

Walker, A.R., Bouattor, A., Camicas, J., Estrada-Pena, Horak, I.G., Latiff, A.A., Pegram, R.G., Preston, P.M., 2014. Ticks of domestic animals in Africa, a guide to identification of species.

Wang, H., Teel, P., Grant, W., Schuster, G., 2016. Simulated interactions of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*), climate variation and habitat heterogeneity on southern cattle tick (*Rhipicephalus (Boophilus)*). *Ecological*.

Wolgemuth, C.W., Charon, N.W., Goldstein, S.F., Goldstein, R.E., 2006. The Flagellar Cytoskeleton of the. *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* 3505, 221-227. doi:10.1159/000094056

Páginas web:

Thermofisher Scientific: <https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/10503.pdf>

Organización de Vida Silvestre: <http://ovis.org.mx/programas/>

Directorio cartográfico: <http://www.dices.net/mapas/mexico/>

Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/>

RESUMEN BIOGRÁFICO

Mariana Cuesy León

Candidato para el grado de
Maestría en Ciencias con orientación en Microbiología

Tesis: Prevalencia de *Borrelia burgdorferi* en garrapatas de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) de localidades del norte de la República Mexicana

Campo de estudio: Epidemiología de las parasitosis

Educación: Egresada de la Facultad de Ciencias Biológicas, obteniendo el grado de Químico Bacteriólogo Parasitólogo en 2005

Experiencia Profesional: Químico Analista Clínico del 2006 al 2015